

Medizinische Biophysik I.

0

Dr. Ferenc Tölgyesi
tolgyesi.ferenc@med.semmelweis-univ.hu

Institut für Biophysik und Strahlenbiologie



1

Thematik der Vorlesungen

Unterrichts-woche	Datum	Thema	Vortragender
1	05.09.	Einführung, Struktur der Materie. Atomare, molekulare Wechselwirkungen. Aggregatzustände: Gase	Tölgyesi Ferenc
2	12.09.	Aggregatzustände: Flüssigkeiten, Festkörper, Flüssigkristalle	Tölgyesi Ferenc
3	19.09.	Thermische, elektrische und mechanische Eigenschaften von Stoffen	Tölgyesi Ferenc
4	26.09.	Licht in der Medizin. Medizinische Optik	Tölgyesi Ferenc
5	03.10.	Lichtentstehung, Emissionsspektrometrie	Tölgyesi Ferenc
6	10.10.	Temperaturstrahlung, IR-Diagnostik, Lumineszenz und ihre Anwendungen	Tölgyesi Ferenc
7	15.10.!	Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie. Reflexion und Streuung	Tölgyesi Ferenc
8	17.10.	Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie. Absorptionsspektrometrie	Tölgyesi Ferenc
9	24.10.	Biologische Wirkungen des Lichtes. Laser	Tölgyesi Ferenc
10	07.11.	Das Auge und das Sehen	Tölgyesi Ferenc
11	14.11.	Strahlungen (Überblick) Strukturuntersuchungsmethoden in der Medizin	Smeller László
12	21.11.	Nuklearmedizin Atomkern, Radioaktivität	Béres Attila
13	28.11.	Wechselwirkungen der Kernstrahlungen mit der Materie. Detektoren	Béres Attila
14	05.12.	Anwendung von Radioisotopen - nuklearmedizinische Verfahren	Béres Attila

2

Abweichung für Zahnmediziner in den ersten drei Wochen:

Unterrichts-woche	Datum	Thema	Vortragender
1	05.09.	Einführung	Tölgyesi Ferenc
1	07.09.	Biostatistik Deskriptive Statistik	Kaposi András
2	14.09.	Deskriptive Statistik	Kaposi András
3	21.09.	Deskriptive Statistik	Kaposi András

In den ersten 3 Wochen mittwochs 17:10-18:20 in dem Békésy Hörsaal!

Hilfsmittel:

- Vorlesungsskripte (herunterladbar von der Webseite des Instituts in der Regel schon am Freitag vor der aktuellen Vorlesung)
- Praktikum medizinische Biophysik, 2015, Semmelweis Verlag, Budapest (erhältlich in der Buchhandlung des Verlags im EOK)
- Biophysik für Mediziner, 2008, Medicina Verlag, Budapest (erhältlich in der Buchhandlung des Verlags in der Üllői Str. gegenüber der „Klinikák“ Metrostation)
- Physikalische Grundkenntnisse (herunterladbar von der Webseite des Instituts)
- Aufgabensammlung zur medizinischen Biophysik (herunterladbar von der Webseite des Instituts)

3

Regeln

s. die Webseite:
<http://biofiz.semmelweis.hu>

Zwischenprüfungen im Laufe des Semesters:

- ☐ Klausur aus dem Skript „Physikalische Grundkenntnisse“ (Grundklausur): 1. Oktober 2016 10:00-11:00, EOK
- ☐ 1. Demo: 6. Oktober 20:00-20:30, EOK Hörsäle
- ☐ 2. Demo: 3. November 20:00-20:30, EOK Hörsäle
- (1. Wiederholung der Demos: 1. Dezember 19:00-19:40; 2. Wiederholung: 8. Dezember 19:00-19:40)

Die Einteilung der Studenten in die einzelnen Säle im EOK wird vor der Prüfung auf der Webseite unter "Nachrichten" bekannt gemacht.
Bei der Grundklausur darf man ausschließlich einen Taschenrechner benutzen. (Taschenrechner mit höchstens Zwei-Zeilen-Displays sind erlaubt.) Bei den Demos kann man neben dem Taschenrechner noch die offizielle Biophysik-Formelsammlung benutzen. (Diese werden vor der Demo ausverteilt.)

Voraussetzungen für die Anerkennung des Semesters und für die Zulassung zur Prüfung:

- ☐ Teilnahme an 75% der Vorlesungen und der Praktika. (D. h. man darf maximal dreimal fehlen.)
- ☐ Akzeptanz der Messprotokolle durch den Praktikumsleiter. Im Falle von mehr als 3 nicht angenommenen Messprotokollen wird das Semester nicht anerkannt.
- ☐ Mindestens 50% in der Grundklausur.
- ☐ Mindestens 50 Punkte (=50%) für die zwei Demos insgesamt.

Über das Kolloquium am Ende des Semesters siehe die Webseite!

4

Medizinische Biophysik

Struktur der Materie

1. Vorlesung
05. 09. 2016

I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

1. Allgemein über Wechselwirkungen
 - a) Beispiele:
 - b) Beschreibung der Wechselwirkungen:
2. Elektrische Wechselwirkung
 - a) Coulomb-Gesetz:
 - b) elektrische potenzielle Energie (E_{pot})
3. Aufbau des Atoms
 - a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen
 - b) Energiezustände
 - c) Elektronegativität
4. Atomare, molekulare Wechselwirkungen
 - a) Energiekurve
 - b) Primäre Bindungen
 - c) Sekundäre Bindungen
5. Energiezustände in Molekülen

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung
2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung von Körpern
3. Gasförmiger Aggregatzustand
 - a) Makroskopische Beschreibung
 - b) Mikroskopische Beschreibung
 - c) Kinetische Deutung der Temperatur
 - d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung

5

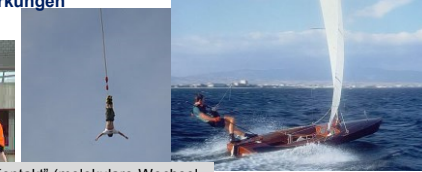
I. Atome, Moleküle und ihre Wechselwirkungen

1. Allgemein über Wechselwirkungen

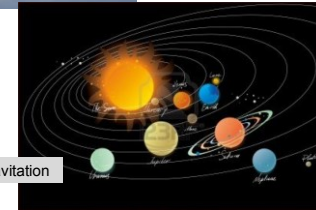
a) Beispiele:



„Kontakt“ (molekulare Wechselwirkungen im Hintergrund)



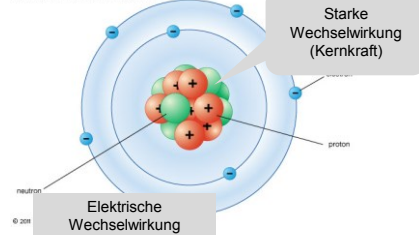
Gravitation



6

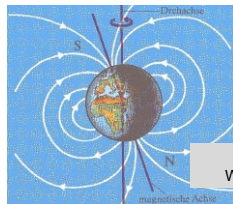


Bohr atomic model of a nitrogen atom



Starke Wechselwirkung (Kernkraft)

Elektrische Wechselwirkung



Magnetische Wechselwirkung



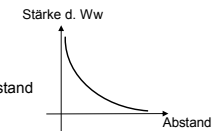
7

b) Beschreibung der Wechselwirkungen:

- Symmetrie!



- Bei fernwirkenden Ww: Abklingen mit wachsendem Abstand



- Größen und Gesetze:

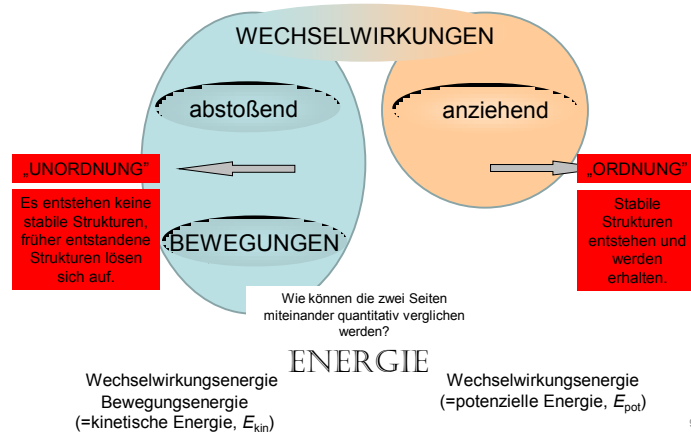
- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck

Vorkenntnisse
(s. Skript „Physikalische Grundkenntnisse“ Kapitel 4-6)

KRAFT ENERGIE

8

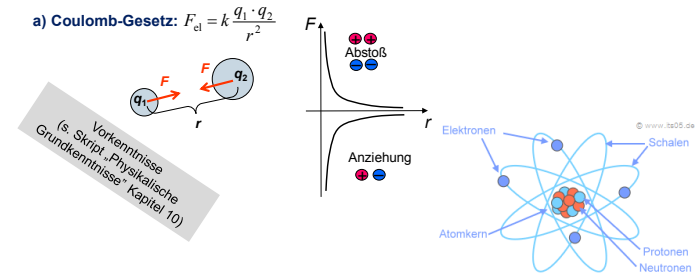
Entstehung von stabilen Strukturen - allgemeine Prinzipien



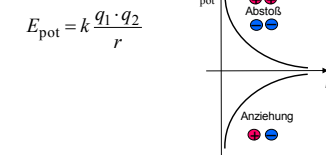
9

2. Elektrische Wechselwirkung

a) Coulomb-Gesetz: $F_{el} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$



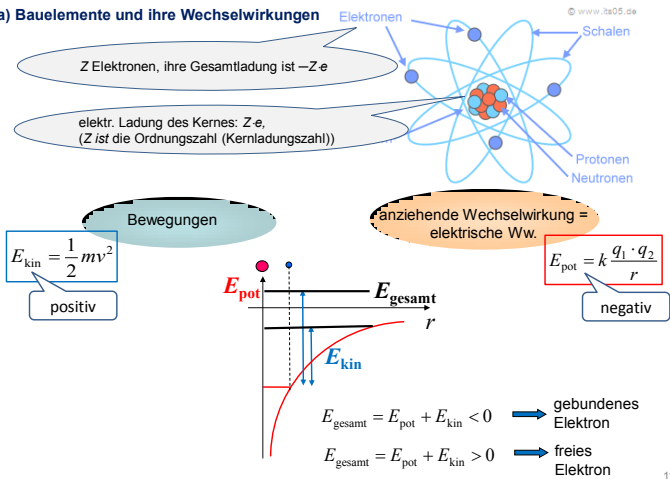
b) elektrische potenzielle Energie (E_{pot}):



10

3. Aufbau des Atoms

a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen



11

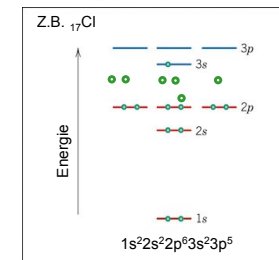
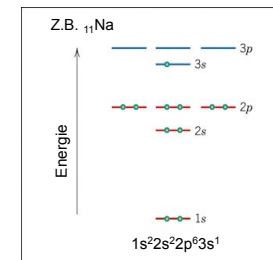
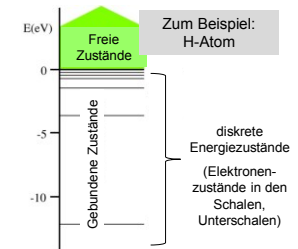
b) Energiezustände

Eine spezielle Eigenschaft der Mikrowelt:

- diskrete (quantisierte) gebundene Energiezustände

Prinzipien bei der Besetzung der Energiezuständen (Schalen, Unterschalen):

- Energieminimum
- Pauli-Prinzip



12

c) Elektronegativität (EN):

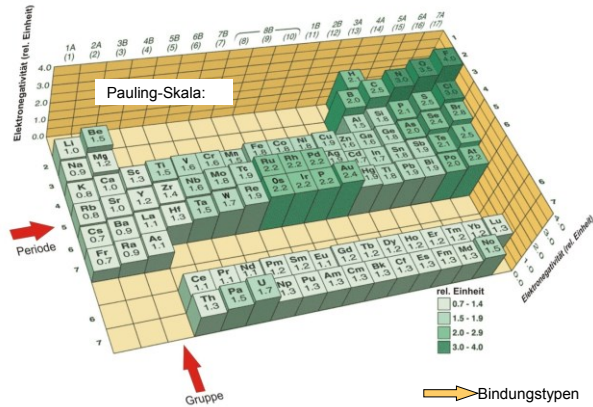
$$EN = |I| + |A|$$

• Ionisationsenergie (I):

Zur Entfernung des äußersten Elektrons benötigte Energie (eV/Atom; kJ/mol)

• Elektronenaffinität (A):

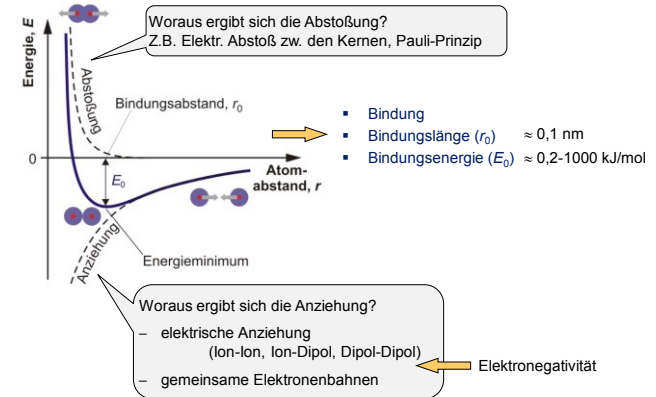
Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)



13

4. Atomare, molekulare Wechselwirkungen

a) Energiekurve (allgemeine Energiekurve der Wechselwirkungen zwischen Atomen und Molekülen)

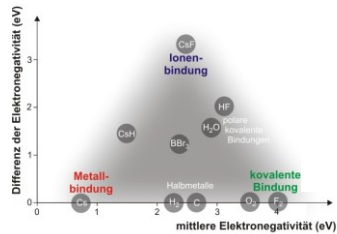
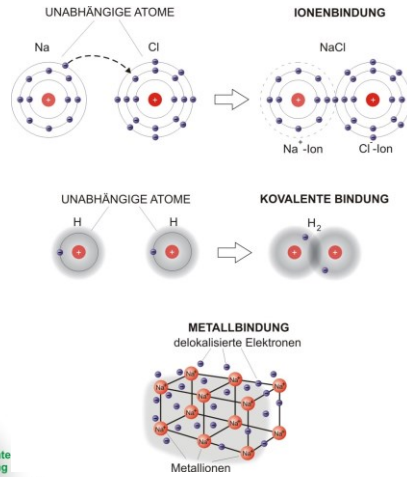


14

b) Primäre Bindungen

- Ionenbindung
- Kovalente Bindung
- Metallbindung

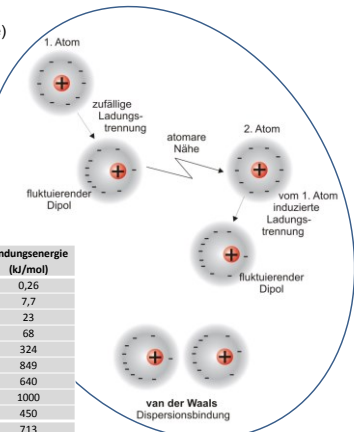
≈ 100-1000 kJ/mol



15

c) Sekundäre Bindungen ≈ 0,2-50 kJ/mol

- van der Waals (Dipol-Dipol)
 - Orientierung (2 permanente Dipole)
- Induktion (1 permanenter und 1 induzierter Dipol)
- Dispersion
- H-Brückenbindung



Bindungsstärke	Bindungstyp	Material	Bindungsenergie (kJ/mol)
schwach (sekundär)	van der Waals	Neon (Ne)	0,26
		Argon (Ar)	7,7
	H-Bindung	Wasser (H ₂ O)	23
	Metallbindung	Quecksilber (Hg)	68
stark (primär)		Aluminium (Al)	324
		Wolfram (W)	849
	Ionenbindung	NaCl	640
		MgO	1000
	kovalente Bindung	Silizium (Si)	450
		Kohlenstoff (C, Diamant)	713

16

Primäre und sekundäre Bindungen



- Moleküle
- Aggregatzustände (flüssige und feste Körper)

5. Energiezustände in Molekülen

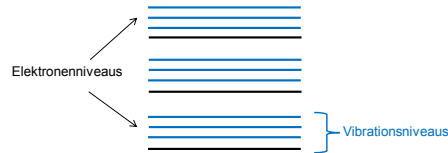
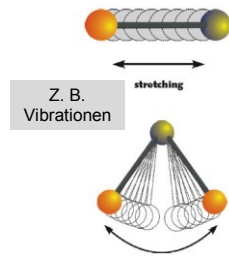
$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} + E_{\text{Rotation}}$$

$$\approx 1 \text{ eV}$$

$$\approx 0,1 \text{ eV}$$

$$\approx 0,01 \text{ eV}$$

- alle Energieformen sind quantisiert



(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

17

2. Einige grundlegenden Größen zur Beschreibung der Eigenschaften von Körpern:

- Zahl der Bauelemente (Atome oder Moleküle) im Körper (N)
- Stoffmenge (ν) in Mol: 1 mol enthält $6,03 \cdot 10^{23}$ Bauelemente

$$\text{Avogadro-Konstante } (N_A): N_A = 6,03 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

- Masse (m)
- Molare Masse (M): die Masse von einem Mol

$$m = \nu \cdot M$$

- Volumen (V)

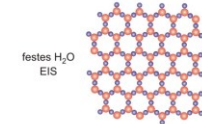
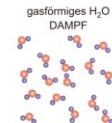
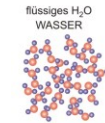
$$\text{Dichte } (\rho): \rho = \frac{m}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

19

II. Aggregatzustände

1. Allgemeine Beschreibung

	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



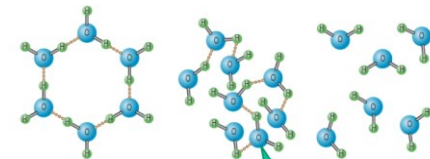
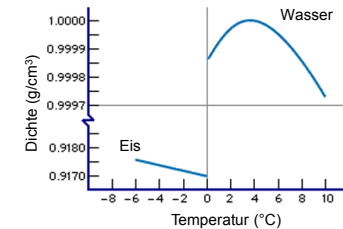
18

Mehr über die Dichte:

Stoff	$\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$
Wasser	1
Fettgewebe	$\approx 0,9$
Blut	$\approx 1,05$
Knochen	$\approx 1,8$
Körpergewebe (Mittelwert)	$\approx 1,04$

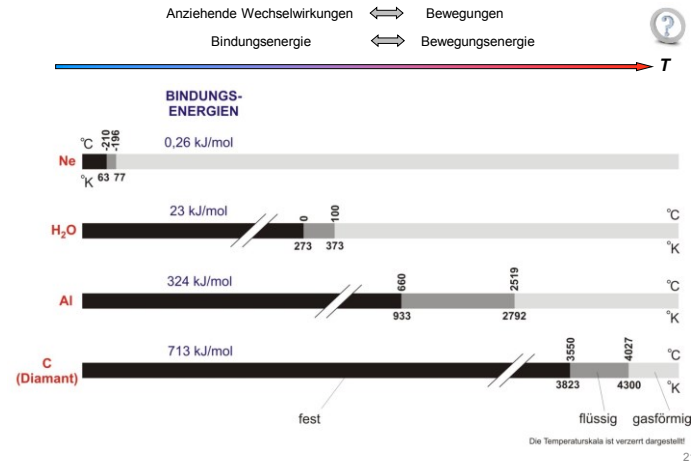
Temperaturabhängigkeit:

$\rho(T)$



20

Was entscheidet darüber, in welchem Aggregatzustand sich ein Stoff bei einer gegebenen Temperatur befindet?



21

3. Gasförmiger Aggregatzustand

a) Makroskopische Beschreibung:

- Kein Eigenvolumen und keine Eigenform
- Isotrop
- Messbare Größen: p, V, ν, T

Druck Volumen Stoffmenge

allgemeine Gaskonstante
 $R = 8,31 \text{ J/(molK)}$

$pV = \nu RT$ (für ideale Gase)

b) Mikroskopische Beschreibung:

- Ungeordnet
- Starke und fast freie Bewegungen



c) Kinetische Deutung der Temperatur

durchschnittliche kinetische Energie eines Teilchens

$$\overline{E}_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \overline{v}^2 = \frac{3}{2} kT$$

Masse eines Teilchens

Geschwindigkeit des Teilchens

Temperatur

Boltzmann-Konstante
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

$kT = \text{"thermische Energie"}$

22

Eine andere Form:

durchschnittliche kinetische Energie von einem Mol

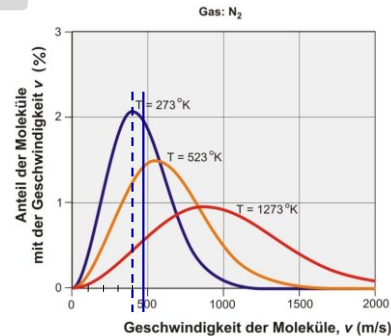
Allgemeine Gaskonstante
 $R = 8,34 \text{ J/(molK)}$

$$\overline{E}_{\text{kin, mol}} = \frac{1}{2} M \overline{v}^2 = \frac{3}{2} RT$$

$RT = \text{"molare thermische Energie"}$

Molare Masse

d) Maxwell-Boltzmann-Verteilung



23

Hausaufgaben:

- Aufgabensammlung :
1. 17, 20, 21, 22, 26, 27, 31, 34, 36



24